

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 01 531.0

**Anmeldetag:** 17. Januar 2003

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Einrichtung und Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeuges

**IPC:** B 60 L 7/10

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 12. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Walther

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer

14.01.2003

Einrichtung und Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeuges

- 5 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung und ein Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeuges gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 und des unabhängigen Anspruches betreffend ein Verfahren hierfür.
- 10 In Kraftfahrzeugen werden elektrische Maschinen als Generator zum Laden von einer oder mehreren Bord-Batterien verwendet. Die Batterie stellt die elektrische Leistung zur Verfügung, welche benötigt wird zum Starten des Verbrennungsmotors des Fahrantriebsstranges, für die Fahrzeugaußenbeleuchtung, für die Fahrzeuginsenbeleuchtung und für andere Nebenaggregate wie beispielsweise Klimaanlage, Sitzheizung, Kühlfach oder Gefrierfach, Scheibenwischer und ähnliche elektrische Geräte.
- 15 Im normalen Ladebetrieb erzeugt die elektrische Maschine im Generatorbetrieb jeweils den Strom, welcher der Batterie durch die elektrischen Verbraucher entnommen wird. Die Ansteuerung der elektrischen Maschine erfolgt durch eine Steuereinrichtung, die vorzugsweise durch eine Leistungselektronik gebildet ist. Die Ansteuerung der elektrischen Maschine erfolgt mittels Spannungsvorgaben, Spannungsrampen und Strombegrenzungen.
- 20 Wenn die Ansteuerung der elektrischen Maschine vorrangig von Drehmomentbedürfnissen am Fahrantriebsstrang gesteuert wird, dann besteht die Gefahr einer Unterversorgung des Kraftfahrzeug-Bordnetzes und der Batterie. Wenn dagegen die Ansteuerung der elektrischen Maschine vorrangig durch das Bordnetzmanagement gesteuert wird, welches den Strombedarf

des Bordnetzes und den jeweils aktuellen Ladezustand der Batterie berücksichtigt, dann werden die Vorteile der elektrischen Maschine für den Fahrantriebsstrang nur ungenügend ausgenutzt.

5

Durch die Erfindung soll die Aufgabe gelöst werden, zu vermeiden, dass die Ansteuerung der elektrischen Maschine nachteilige Einflüsse auf den Fahrantriebsstrang, insbesondere stoßartige Momentenänderung, oder auf das Bordnetz und die 10 Bord-Batterie hat, ohne dass eine Einschränkung der Funktionalität des Fahrantriebsstranges oder des Bordnetzes oder der Bordnetz-Batterie entsteht.

Die Lösung besteht gemäß der Erfindung in einer Einrichtung

15 und einem Verfahren zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Anlage und des Fahrantriebsstranges eines Kraftfahrzeuges, wobei der Fahrantriebsstrang einen Verbrennungsmotor und ein Getriebe mit variabler Übersetzung und/oder Untersetzung aufweist, wobei die Anlage ein Bordnetz und mindestens eine 20 daran angeschlossene Batterie aufweist, und wobei mindestens eine elektrische Maschine vorgesehen ist, welche in einem normalen Ladebetrieb als Generator zur Stromversorgung der Batterie und des Bordnetzes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist, wobei die elektrische Maschine als Generator auch in einem 25 Rekuperationsbetrieb zur Erzeugung eines Bremsmomentes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist und dabei ebenfalls die Batterie und das Bordnetz mit Strom versorgen kann, und wobei die elektrische Maschine vorzugsweise auch als Elektromotor zur Drehmomentabgabe an dem Fahrantriebsstrang betreibbar 30 ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ausgebildet ist, um die mindestens eine elektrische Maschine in unterschiedlichen Betriebszuständen von unterschiedlichen Signalen zu steuern, wobei aus Signalen eines Bordmanagements in Abhängigkeit von den jeweils momentanen Anforderungen an elektrischer Energie des Bordnetzes und der Batterie eine Lade 35 spannung für den normalen Ladebetrieb als Spannungsführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch be-

reit gestellt wird, dass die Einrichtung ferner ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von jeweils momentanen Anforderungen an positivem oder negativem Drehmoment des Fahrantriebsstranges die jeweils momentane Drehmomentanforderung als Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch zur Verfügung zu stellen, wobei Änderungen der Spannungsführungsgröße (U-LADE) nach unten und nach oben durch vorbestimmte Drehmomentgrenzwerte der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Drehmomenttoleranzband definieren, wobei ferner Änderungen der Drehmomentführungsgröße nach oben und nach unten durch vorbestimmte Spannungsgrenzwerte der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Spannungstoleranzband bilden, dass Mittel für eine automatische zyklische Abfrage der Führungsgrößen vorgesehen ist, dass die elektrische Maschine von der Spannungsführungsgröße automatisch gesteuert wird, jedoch ein Wechsel auf die Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine erfolgt, soweit die Toleranzbänder eingehalten werden, wenn und solange die Momentenführungsgröße von der elektrischen Maschine ein positives oder negatives Drehmoment fordert, welches von dem vorbestimmten Drehmoment der elektrischen Maschine zur Erzeugung der Ladespannung abweicht.

Demgemäß wird die genannte Aufgabe durch eine Einrichtung und ein Verfahren zum Betrieb einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeuges gemäß Anspruch 1 bzw. gemäß dem Verfahrens-Anspruch gelöst.

Vorteile der Erfindung:

Sowohl eine Boost-Funktion als auch eine Batterie-Ladefunktion und auch eine Rekuperation können in jeder Fahrzeugsituation immer ihre volle Wirkung entfalten und alle Anforderungen der Systeme "Fahrzeugantrieb, Batterie und Bordnetz" erfüllen, soweit dies physikalisch möglich ist. Dadurch entfällt eine zeitraubende und fehleranfällige Applikation (Adaptionssteuereinrichtung) von Bordnetzanforderungen und Batterieanforderungen an die Fahrantriebssteuerung, insbeson-

dere an die Verbrennungsmotor-Steuereinrichtung. Der Begriff "Rekuperation" bedeutet hierbei ein Bremsen des Kraftfahrzeugs mittels der elektrischen Maschine, indem diese in vorbestimmter Weise als Generator betrieben wird.

5

Erst durch die Berücksichtigung von "verfügbaren Momenten" gemäß der Erfindung ist eine Koordination der Bremsmomente und der Antriebsmomente möglich. Dies ermöglicht neben anderen Vorteilen auch die Kompensation von Rekuperationsdrehmomenten durch eine die Fahrzeugradachsen individuell regelbare Bremssteuerung.

10 Im Folgenden wird die Vorausberechnung von Drehmomenten beschrieben. Es ist eine Funktion vorgesehen, durch welche aus Ausgangssignalen der elektrischen Maschine, z. B. eines Generators, fehlende Eingangssignale im Voraus berechnet werden können. Unter anderem werden beispielsweise Momentengrößen für den Aggregatekoordinator voraus berechnet (Momentenvorausberechnung). Die Funktionszykluszeit kann beispielsweise 15 50 ms oder eine andere Größe sein. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der aktuelle Wert des Generator-Stroms der elektrischen Maschine aus einem Kennfeld über der Drehzahl und dem Erregerstrom des Generators ermittelt wird. Über eine gespeicherte Generator-Identifikation kann erkannt werden, welcher 20 Generator benutzt wird, und welches Generator-Kennfeld zu verwenden ist. Falls die aktuelle Spannung von der Spannung des Kennfeldes abweicht, wird der Generator-Strom entsprechend korrigiert. Befindet sich die elektrische Maschine im Bereich der Voll-Erregung, so wird ein Korrekturstrom aus einem Kennfeld über Drehzahl und Spannung ermittelt und mit dem 25 Generator-Strom verrechnet. Ferner kann der aktuelle Wert des Generator-Wirkungsgrades aus einem Kennfeld über der Drehzahl und der Leistung des Generators ermittelt werden. Über die Generator-Identifikationsdaten wird erkannt, welcher Generator 30 in das Kraftfahrzeug eingebaut ist, und welches Kennfeld zu verwenden ist. Der aktuelle Wert des Generator-Drehmoments 35

wird aus den aktuellen Werten von Strom, Spannung, Wirkungsgrad und Drehzahl berechnet.

Generator-Lademoment (Drehmoment, welches die elektrische Maschine im Generatorbetrieb zum Laden der Batterie benötigt):  
5 Der aktuelle Wert des Generator-Lademoments wird aus den Bordnetzgrößen Ladespannung, Ladestrom, Generator-Wirkungsgrad und Generator-Drehzahl berechnet. Wenn sich die Einrichtung im Lade-Modus befindet, wird auf den aktuellen 10 Wert des Generator-Drehmoments umgeschaltet.

Minimal statisch mögliches Generator-Lademoment (maximal statisch mögliches negatives Drehmoment der elektrischen Maschine im Generatorbetrieb): Aus den Bordnetzgrößen Rekuperationsspannung und Rekuperationsstrom kann die maximal aufnehmbare Leistung des Bordnetzes einschließlich seiner Batterie berechnet werden. Aus einer Kennlinie über der Drehzahl der elektrischen Maschine kann die maximale Leistung des Generators ermittelt werden. Über die Generator-  
15 Identifikationsdaten kann erkannt werden, welcher Generator in das Kraftfahrzeug eingebaut ist und welche Kennlinie zu verwenden ist. Von diesen beiden Größen wird die kleinere verwendet, welche die engere Begrenzung für das System darstellt. Aus dieser Größe kann mit Hilfe des aktuellen Wirkungsgrades und der Drehzahl der elektrischen Maschine das aktuell mögliche Drehmoment dieser elektrischen Maschine als 20 Generator berechnet werden.  
25

Maximal statisch mögliches Generator-Lademoment: (minimal statisch mögliches Drehmoment der elektrischen Maschine als Generator bzw. maximales motorisches Drehmoment als Motor): Aus den Bordnetzgrößen Minimal-Spannung und Maximal-Strom kann die maximal abgegebenen Leistung des Bordnetzes einschließlich deren Batterie berechnet werden. Aus einem applizierbaren Festwert kann mit Hilfe der Generator-Drehzahl die minimale Schlepp-Leistung der elektrischen Maschine als Generator ermittelt werden. Hierfür kann über die Generator-  
30  
35

Identifikation erkannt werden, welche elektrische Maschine als Generator verbaut ist, und welcher Festwert zu verwenden ist. Von diesen beiden Größen wird die größere verwendet, welche die engere Begrenzung für das System darstellt. Aus 5 dieser Größe kann mit Hilfe des aktuellen Wirkungsgrades und der Drehzahl der elektrischen Maschine das aktuell minimal mögliche Drehmoment der elektrischen Maschine als Generator bzw. das maximal mögliche Drehmoment der elektrischen Maschine als Motor berechnet werden.

10

Das minimal dynamisch mögliche Generator-Lademoment der elektrischen Maschine ist gleich dem minimal statischen Generator-Lademoment, wenn die Batterie leer ist und die Rekuperationsspannung U-Rekup gleich der Maximalspannung U-Grenz 15 ist.

Die genannten Ermittlungen und Berechnungen können von Steuereinrichtungen jeweils automatisch durchgeführt werden.

20 Die Erfindung wird im Folgenden mit Bezug auf die Zeichnungen anhand von bevorzugten Ausführungsformen als Beispiele beschrieben. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 schematisch und unmaßstäblich einen Fahrantriebsstrang und ein Bordnetz eines Kraftfahrzeuges sowie eine Einrichtung zur Koordination des Fahrantriebsstranges und des Bordnetzes;

25 Fig. 2 die Einrichtung nach der Erfindung zur Koordination des Fahrantriebsstranges und des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges.

Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug und insbesondere eine Einrichtung zur Koordination des Fahrantriebsstranges und des Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges.

- 5 Fig. 1 zeigt schematisch Teile eines Kraftfahrzeuges und insbesondere einen Kraftfahrzeug-Antriebsstrang als Beispiel für eine Vielzahl von Möglichkeiten, wie ein solcher Antriebsstrang ausgebildet sein kann. Die Kurbelwelle 24 eines Verbrennungsmotors 22 ist über eine schaltbare Kupplung 26 mit einer Eingangswelle 28 eines Getriebes 30, welches eine variable Übersetzung aufweist, antriebsmäßig verbindbar. Eine Ausgangswelle 32 des Getriebes 30 ist mit mindestens einem Fahrzeuggrad 34 bzw. 36 antriebsmäßig verbunden. Eine elektrische Maschine 40 ist über einen Nebenantriebsstrang, welcher 15 beispielsweise zwei miteinander in Eingriff befindliche Zahnräder 42 und 44 aufweist, mit dem Fahrantriebsstrang an einer Stelle 46 antriebsmäßig verbunden, welche zwischen der Kurbelwelle 24 und der schaltbare Kupplung 26 liegt.
- 20 Bei geöffneter schaltbarer Kupplung 26 ist die elektrische Maschine 40 vom Verbrennungsmotor 22 antreibbar, ohne dass das Kraftfahrzeug angetrieben wird. Vorzugsweise ist die elektrische Maschine 40 auch als Elektromotor betreibbar. In diesem Falle kann die elektrische Maschine 40 bei geöffneter 25 schaltbarer Kupplung 26 den Verbrennungsmotor starten. Bei geschlossener Kupplung 26 kann die elektrische Maschine 40 zusätzlich zum Verbrennungsmotor 22 Antriebsenergie in den Fahrantriebsstrang zu den Fahrzeugräder 34, 36 einspeisen. Wenn zwischen der Kurbelwelle 24 und dem Nebenantrieb 42, 44 30 der elektrischen Maschine 40 eine weitere schaltbare Kupplung 48 vorgesehen wird, dann können, wenn diese schaltbare Kupplung 48 geöffnet ist, die Fahrzeugräder 34, 36 auch von der elektrischen Maschine 40 allein, ohne den Verbrennungsmotor 22 angetrieben werden.
- 35 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die elektrische Maschine ein so genannter Starter/Generator, wel-

cher als Elektromotor den Verbrennungsmotor 22 starten kann und als Generator elektrische Energie (Spannung und Strom) für eine (oder mehrere) Batterie 50 erzeugt. Da die elektrische Maschine 40 vorzugsweise ein Starter/Generator ist, ist 5 in der folgenden Beschreibung die Bezeichnung XSG für die elektrische Maschine als Starter/Generator verwendet worden. Die Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt.

Die elektrische Maschine 40 ist über einen elektrischen Leitungsweg 52 und eine Batteriesteuereinrichtung 54 mit der Batterie 50 und einem Bordnetz 56 elektrisch verbunden. Die Steuerung der elektrischen Maschine 40 erfolgt durch eine Steuereinrichtung, im Folgenden XSG-Steuereinrichtung 58 genannt, welche über einen elektrischen Leitungsweg 60 mit der 15 elektrischen Maschine 40 verbunden ist.

Die XSG-Steuereinrichtung 58 ist über einen weiteren Leitungsweg 62 mit einem Bordnetzmanagement 64 verbunden, zu welchem die Batterie-Steuereinrichtung 54 und eine Bordnetz- 20 Steuereinrichtung 66 für das Bordnetz 56 gehören.

Ein Antriebsaggregatekoordinator 70, im folgenden AGK abgekürzt bezeichnet, erhält über ein Interface 72 alle antriebsrelevanten Daten der elektrischen Maschine 40 über dessen 25 XSG-Steuereinrichtung 58 auf einem elektrischen Leitungsweg 74, und von einem Antriebsmanagement 76 ebenfalls über das Interface 72 alle antriebsrelevanten Daten des Fahrantreibstranges, insbesondere Beschleunigungswünsche des Kraftfahrzeug-Fahrers, was schematisch durch ein Gaspedal 78 dargestellt ist, Bremswünsche des Fahrers, was schematisch durch ein Bremspedal 80 dargestellt ist. Bei automatischen Fahrzeugsteuersystemen, wie sie beispielsweise unter dem Begriff Tempomat bekannt sind, können solche Beschleunigungswünsche und Verzögerungswünsche des Kraftfahrzeuges anstatt vom Fahrer 30 auch durch eine automatische Tempomat-Steuereinrichtung oder ein Fahrzeuggleitsystem erzeugt und vom Antriebsmanagement steuerungsmäßig umgesetzt werden, beispielsweise durch 35

entsprechende Brennstoffzufuhr oder Brennstoffdrosselung des Verbrennungsmotors 22, was schematisch durch einen Steuerungsweg 82 in Fig. 1 gezeigt ist, und/oder durch Betätigung von Fahrzeugbremsen 84, was schematisch durch einen Steuerungsweg 86 in Fig. 1 dargestellt ist.

Bei Antiblockiersystemen und Antidurchdrehsystemen der Kraftfahrzeugräder 34, 36, sowie bei Fahrzeugstabilitätssystemen zur Verhinderung von Fahrzeug-Schleuderbewegungen, werden vorzugsweise auch solche positiven und negativen Momentanforderungen im Fahrzeugantriebsstrang vom Antriebsmanagement 76 detektiert und über das Interface 72 dem Aggregatekoordinator zugeführt.

Der Aggregatekoordinator ist eine elektronische, vorzugsweise eine computerisierte Steuereinrichtung.

Der Aggregatekoordinator 70 fordert über das Interface 72 und über elektrische Leitungswege 88 und 90 von der XSG-Steuerinrichtung 58 und dem Bordnetz-Management 64 jeweils eine bestimmte Betriebsart, im folgenden und in Fig. 2 auch als XSG-Modus bezeichnet, in Abhängigkeit von den elektrischen Anforderungen des Bordnetz-Managements und den Drehmomentanforderungen des Fahrantreibsstranges, welcher durch den Verbrennungsmotor 22 und seine Antriebsverbindung zu den Fahrzeugrädern 34, 36 gebildet ist. In Abhängigkeit hiervon wird gemäß der Erfindung die elektrische Maschine 40 als Generator derart betrieben, dass keine Drehmomentanstöße im Fahrzeug nachteilig spürbar sind, wenn von der elektrischen Maschine 40 variierende Drehmomente vom Antriebsstrang gefordert werden. Vorzugsweise ist die Einrichtung derart ausgebildet, dass die elektrische Maschine 40 auch als Elektromotor Antriebsenergie (Drehmoment) in den Antriebsstrang abgeben kann.

35

Die Erfindung ist derart ausgebildet, dass die physikalischen Grenzen der elektrischen Maschine voll ausgenutzt werden zur

Unterstützung oder zur Bereitstellung von Drehmomenten für den Fahrantriebsstrang, wobei diese Drehmomente positiv oder negativ sein können, ohne dass die Batterie 50 auf einen nachteiligen Wert entladen oder überladen wird, und ohne dass 5 nachteilig spürbare elektrische Schwankungen im Bordnetz auftreten. Zum Bordnetz gehören beispielsweise die Fahrzeuginnenbeleuchtung, Fahrzeugaußenbeleuchtung, Scheibenwischer, Klimaanlage, Külfach oder Kühlschrank, Navigationssystem, Fernsehgerät und ähnliche in einem Fahrzeug verwendbare elektrische Einrichtungen oder Geräte.  
10

Das Interface 72 kann eine Einheit sein oder aus mehreren Interface-Einheiten bestehen.

Fig. 2 zeigt weitere Einzelheiten der Einrichtung nach der Erfindung zur Koordination von positiven und negativen Drehmomentanforderungen im Fahrantriebsstrang einerseits und elektrischen Anforderungen des Bordnetz-Managements andererseits. Die XSG-Steuereinrichtung 58 steuert in Abhängigkeit 15 von beiden Anforderungen die elektrische Maschine 40 in der Weise, dass die elektrische Maschine 40 bezüglich ihrer erzeugbaren positiven und negativen Momente voll ausnutzbar ist 20 zur Unterstützung des Fahrantriebsstranges, ohne dass Drehmomentstöße im Kraftfahrzeug nachteilig bemerkbar werden, und ohne dass Drehmomentwechsel der elektrischen Maschine 40 zu 25 nachteilig bemerkbaren Spannungsschwankungen im Bordnetz führen, beispielsweise die Fahrzeugbeleuchtung auffällig heller oder dunkler wird bei Drehmomentwechseln an der elektrischen Maschine 40, und ohne dass die Batterie 50 überladen oder zu 30 sehr entladen wird.

Fig. 2 gibt einen Überblick über die Erfindung. Zur Bestimmung des aktuellen Betriebszustandes des Kraftfahrzeugs durch den Aggregatekoordinator 70, in den Zeichnungen und 35 nachfolgend auch AGK abgekürzt bezeichnet, überträgt dieser Aggregatekoordinator zyklisch mit einer vorbestimmten Taktfrequenz die gewünschte Betriebsart, nachfolgend auch XSG-

Modus genannt, an die XSG-Steuereinrichtung 58 und an das Bordnetz-Management 64. Die für den Betrieb der elektrischen Maschine 40 gemäß der Erfindung notwendigen Führungsgrößen und Begrenzungsgrößen werden von dem AGK 70 und vom Bordnetz-  
5 Management 64 bereit gestellt.

Grundsätzlich lassen sich drei unterschiedliche Betriebsarten unterscheiden, bei welchen die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 arbeiten kann. Diese sind Spannungs-  
10 regelung, Momentenregelung und Drehzahlregelung. Die beiden letztgenannten Betriebsarten Momentenregelung und Drehzahlregelung lassen sich nochmals aufspalten, wenn dies in der Praxis gewünscht wird. Dabei wird von der XSG-Steuereinrichtung 58 zwischen den unterschiedlichen Führungsgrößen und den jeweils zugehörigen Begrenzungsgrößen umgeschaltet. Die Lade-  
15 spannung wird von dem Bordnetz-Management 64 vorgegeben, und die Drehzahl und das Drehmoment werden von dem Antriebsmanagement 76, insbesondere einer in ihm enthaltenen Motorsteuer-  
einrichtung für den Verbrennungsmotor 22, vorgegeben.  
20

Eine Änderung der Betriebsart, im folgenden auch XSG-Modus genannt, erfolgt jeweils unmittelbar nach einem Abfragezyklus oder Funktionszyklus, wenn bei dieser Abfrage eine Momentenänderung im Fahrantriebsstrang oder ein Ladebedarf an elektrischer Energie im Bordnetz oder in der Batterie von dem AGK 70 erkannt wird. Hierbei wird von dem Antriebsmanagement 76 über den AGK 70 durch Signalisierung des betreffenden XSG-  
25 Modus einer von sechs möglichen XSG-Modi ausgewählt, wobei ein Spannungsmodus und mindestens einer von drei Drehmoment-  
modi und zwei Drehzahlmodi auswählbar sind. Wie die nachfolgende Tabelle 1 zeigt, sind sechs verschiedene Betriebsmodi in drei Regelungsarten unterscheidbar. Hiervon ist die Drehzahlregelung entsprechend den beiden Drehzahlmodi für die Praxis weniger von Bedeutung. Deshalb wird hier nachfolgend  
30 die Drehzahlregelung nicht im einzelnen beschrieben. Gemäß der Erfindung ist immer eine Spannungsregelung für die Betriebsart "Lademodus" vorhanden und mindestens ein Modus mit  
35

Momentenregelung "Rekuperationsmodus" und/oder "dynamischer Modus" und/oder "Motormodus". Diese Modi sind jeweils XSG-Modi, welche von dem Interface 72 über die elektrischen Leitungswege 88 und 90 an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 und auch an das Bordnetz-Management 64 als XSG-Modus (Betriebsart) vorgebbar sind.

Für den Fall, dass eine Kommunikationsstörung entsteht, kann es vorgesehen werden, dass automatisch auf Lademode mit Spannungsregelung und einer Ladespannung als Führungsgröße umgeschaltet wird.

Ferner kann, was aber für die Erfindung nicht unbedingt erforderlich ist, ein elektrischer Leitungsweg 90 vorgesehen sein, über welchen vom Interface 72 dem Bordnetz-Management 64 der aktuelle Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors 22 mitteilbar ist. Auch kann, was für die Erfindung nicht zwangsläufig erforderlich ist, ein elektrischer Leitungsweg 92 vorgesehen sein, über welchen vom Bordnetz-Management 64 dem Interface 72 Leistungs-Grenzwerte mitteilbar sind, die nicht überschritten werden dürfen und bei deren Überschreitung entsprechende Warnsignale erzeugbar sind.

Ferner kann ein elektrischer Leitungsweg 94 vorgesehen sein, was aber für die Erfindung nicht unbedingt erforderlich ist, über welchen der Wirkungsgrad der elektrischen Maschine 40 von ihrer XSG-Steuereinrichtung 58 dem Bordnetz-Management 64 mitteilbar ist, beispielsweise in Form des jeweils aktuellen Stromes, der jeweils aktuellen Spannung und des jeweils aktuellen Drehmoments der elektrischen Maschine 40.

Gemäß der nachfolgend angegebenen Tabelle 1 und Fig. 2 gibt das Bordnetz-Management 64 über den elektrischen Leitungsweg 62, welcher in Fig. 1 aufgeteilt ist auf einen Stromsignalweg 62-1 und einen Spannungssignalweg 62-2, Stromwerte "I" und Spannungswerte "U" in Form von Wertepaaren 1, 2, 3 und 4 als Strom- und Spannungsfordernisse an die XSG-Steuereinrichtung

lektrische Maschine 40 als Elektromotor wirkt und das Wertepaar 4 "I-Max und U-Min" zur Anwendung kommt. Dies ist gemäß Tabelle 1 eine Momentenregelung, bei welcher der Momentenwunsch des Aggregatekoordinators 70 als Führungsgröße an die 5 XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 weiter geleitet wird.

Die beiden Betriebsarten (XSG-Modi) "Rekuperationsmodus" und "dynamischer Modus" sind beide Betriebsarten, bei welcher die 10 elektrische Maschine 40 als elektrische Bremse wirkt und dabei elektrische Energie in die Batterie 50 und gegebenenfalls auch direkt in das Bordnetz 56 erzeugt, wenn das Bordnetz entsprechend ausgebildet ist. Diese beiden Modi sind beide Momentenregelungen und unterscheiden sich nur dadurch, dass 15 der Rekuperationsmodus für einen längeren Betrieb oder für einen Dauerbetrieb der elektrischen Maschine 40 als Generator vorgesehen ist, so dass die Grenzwerte so bemessen sein müssen, dass auch bei längerer Dauer des Generatorbetriebs bestimmte Spannungswerte der Batterie und des Bordnetzes eingehalten werden. Mit dem Begriff dynamischer Betrieb ist nur 20 eine kurzfristige Betriebsdauer der elektrischen Maschine 40 als Generator zur Stromrekuperation gemeint, so dass die Spannungsgrenzen höher gesetzt werden können und der vorausberechnete Strom höher ist (Kondensatoreffekt der Batterie/Doppelschichteffekt) als bei einem länger andauernden Generatorbetrieb, der hier als Rekuperationsmodus bezeichnet 25 ist.

Aus den in Fig. 2 genannten Wertepaaren 1, 2, 3 und 4 kann 30 die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 von der elektrischen Maschine 40 verfügbare statische Momente MXSG-Max und MXSG-Min errechnen und über einen elektrischen Leitungsweg 74-1 über das Interface 72 dem Aggregatekoordinator 70 zuleiten; ferner die an der elektrischen Maschine 40 35 verfügbaren dynamischen Momente MXSG-DYNMAX und MXSG-DYNMIN voraus berechnen und über einen Leitungsweg 74-2 an das Interface 72 und durch dieses dem Aggregatekoordinator 70 mel-

- den; und die aktuellen Werte des Drehmoments MXSG, der Drehzahl NXSG, und des Ladebetrieb-Drehmomentents MXSG-LADE berechnen und über einen elektrischen Leitungsweg 74-3 über das Interface 72 dem Aggregatekoordinator 70 mitteilen. Hierbei  
5 ist das Lade-Drehmoment MXSG-LADE nur dann der aktuelle Wert, wenn die elektrische Maschine 40 den Vorgaben des Bordnetz-Managements 64 folgen kann, ansonsten ist es der errechnete Wert.
- 10 Der Aggregatekoordinator 70 kann über das Interface 72 der XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 über einen elektrischen Leitungsweg 74-4 das minimale Soll-Drehmoment MXSG-MIN-MS und das maximale Soll-Drehmoment MXSG-MAX-MS vorgeben. Ferner besteht die Möglichkeit, über einen  
15 elektrischen Leitungsweg 74-5 vom Aggregatekoordinator 70 über das Interface 72 der XSG-Steuereinrichtung 58 eine Soll-Drehzahl MXSG-MS für die elektrische Maschine 40 vorzugeben.

Die XSG-Steuereinrichtung 58 kann über einen Leitungsweg 74-6  
20 über das Interface 72 dem Aggregatekoordinator 78 mitteilen, wann sie einen Wechsel von der einen Führungsgröße auf die andere Führungsgröße, oder umgekehrt, durchführt, was in Fig. 2 durch das Signal XSG-CHGMODE angegeben ist. Die Leitungswä-  
ge 74-1, 74-2, 74-3, 74-4, 74-5 und 74-6 sind Teile des in  
25 Fig. 1 schematisch nur mit einer Linie dargestellten Leitungsweges 74.

Im Folgenden werden weitere Details der Tabelle 1 beschrieben.

30 Tabelle 1 zeigt die Regelungsarten Drehzahlregelung, Momen-  
tenregelung und Spannungsregelung. Ferner sind die Betriebs-  
arten, in Fig. 2 XSG-Modus genannt, Lademodus, Motormodus  
35 (Modus der elektrischen Maschine 40), Rekuperationsmodus, dy-  
namischer Modus, Drehzahlmodus und Drehzahlgrenzmodus angege-  
ben. Das Sollmoment MXSG-MS der elektrischen Maschine hat je-  
weils einen von den Fahrzuständen des Kraftfahrzeuges abhän-

gigen Wert. Er liegt bei der Drehzahlregelung jeweils zwischen Null und maximal.

Ferner ist das Sollmoment MXSG-MS angegeben. Es ist aus Tabelle 1 ersichtlich, dass dieses Sollmoment im Motormodus größer als Null und bei den beiden Rekuperationsmodus und dynamischer Modus kleiner als Null ist. Der dynamische Modus kommt nur zur Wirkung, wenn ein Dynamik-Bit "1" gesetzt wird.

Tabelle 1

		Regelungsart		Betriebsmodus		Sollmoment mMSG-MS		Sollmoment mMSG-MS		Selektion Dynamikbit		Siehe Beschreibung		Führungsgröße		Grenzwerte Priorität 1		Grenzwerte Priorität 2			
Drehzahl	Spannung	Lade-Modus		X		X		X				U-LADE				MXSG-MIN-MS, MXSG-MAX-MS				—	
		Motor-Modus		X		>0		X				MXSG-MAX-MS				U-MIN, U-REKUP				—	
		Rekup-Modus		X		<0		0				MXSG-MAX-MS				U-MIN, U-REKUP		—		—	
		Dyn-Modus		X		<0		1				MXSG-MAX-MS				U-MIN, U-GRENZ		—		—	
		Drehz. Modus		0 - max		X		0				NXSG-MS				MXSG-MIN-MS, MXSG-MAX-MS		U-MIN, U-REKUP		U-MIN, U-REKUP	
Drehz. Grenz- Modus		0 - max		X		1				NXSG-MS				MXSG-MIN-MS, MXSG-MAX-MS		U-MIN, U-GRENZ		U-MIN, U-GRENZ		U-MIN, U-GRENZ	

## Beschreibung des Lademodus:

- 5 Im Lademodus steuert das Bordnetz-Management 64 die elektrische Maschine 40 als Generator durch die Ladespannung U-LADE als Führungsgröße. Hierbei werden vom Aggregatekoordinator 70 Drehmomentsprünge im aktuellen Drehmoment der elektrischen Maschine 40 (Generator) durch Vorgabe eines minimalen Drehmoment-Grenzwertes MXSG-MIN-MS und Vorgabe eines maximalen
- 10

Drehmoment-Grenzwertes MXSG-MAX-MS innerhalb der damit definierten Drehmoment-Bandbreite gehalten. Die Grenzwerte bilden somit eine Klammerfunktion, welche Drehmomentschwankungen begrenzen. Damit kann die Ladespannung U-LADE als Führungsgröße nur so weit variieren, wie sich die elektrische Maschine 40 innerhalb der Drehmoment-Grenzwerte bewegt. Der Aggregatekoordinator 70 setzt das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 auf die Betriebsart "Lademode".

10

Beschreibung des Motormodus:

Soweit von dem Bordnetz-Management 64 keine Sperre vorliegt, kann von dem Aggregatekoordinator 70 über das Interface 72 ein Momentenwunsch als Führungsgröße MXSG-MAX-MS an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 geleitet werden. Der Aggregatekoordinator 70 setzt das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 auf die Betriebsart "Motormodus" (XSG-Modus). Dieser Motormodus kann auch als "Boost-Modus" bezeichnet werden. In Tabelle 1 ist die Momenten-Führungsgröße MXSG-MAX-MS angegeben. Das Drehmoment kann sich nur innerhalb der Grenzwerte bewegen, die durch die Spannungsgrenzen U-MIN als Mindestspannung und U-REKUP als Maximalspannung definiert sind.

25      Beschreibung des Rekuperationsmodüs:

Der Drehmomentwunsch des Aggregatekoordinators 70 wird als Führungsgröße MXSG-MAX-MS der XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 zugeleitet. Der Aggregatekoordinator 70 setzt das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 auf die Betriebsart (XSG-Modus) "Rekuperationsmodus". Die Momentenführungsgröße MXSG-MAX-MS kann sich nur innerhalb eines Bereiches verändern, welcher durch die Spannungsgrenzwerte Mindestspannung U-MIN und Höchstspannung U-REKUP definiert sind.

35

Beschreibung des dynamischen Modus:

Der dynamische Modus bezeichnet einen Rekuperationsbetrieb, welcher auf eine vorbestimmte kurze Betriebsdauer begrenzt ist.

5 Der Aggregatekoordinator 70 leitet den Drehmomentenwunsch als Führungsgröße MXSG-MAX-MS an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40. Die Drehmoment-Führungsgröße MXSG-MAX-MS kann nur innerhalb der Grenzen variieren, welche durch die Grenzwerte Minimalspannung U-MIN und Maximalspannung U-GRENZ definiert sind. Der Aggregatekoordinator 70 setzt das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 auf die Betriebsart (XSG-Modus) "dynamischer Modus", was auch als "Grenzmodus" bezeichbar ist. Die Maximalspannung U-GRENZ kann höher sein als die Höchstspannung U-REKUP, weil der dynamische Modus auf eine kurze Zeitdauer begrenzt ist, nicht jedoch der Rekuperationsmodus.

Beschreibung des Drehzahlmodus:

Der Drehzahlwunsch des Aggregatekoordinators 70 wird als Führungsgröße NXSG-MS an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 weiter geleitet.

20 Der Aggregatekoordinator setzt außerdem das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 auf die Betriebsart (XSG-Modus) "Drehzahlmodus". Änderungen der Drehzahl der elektrischen Maschine 40 sind durch die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte begrenzt, und zwar als erste Priorität durch minimales Soll-Drehmoment MXSG-MIN-MS und ein maximales Soll-Drehmoment MXSG-MAX-MS, und als zweite Priorität durch eine Mindestspannung U-MIN und eine Maximalspannung U-REKUP.

25 Beschreibung des Drehzahl-Grenzmodus:

Dies ist gegenüber dem normalen Drehzahlmodus eine Betriebsart, bei welcher die obere Grenzspannung U-GRENZ höher liegen kann als die obere Spannung, welche als Rekuperationsspannung

35 U-REKUP angegeben ist. Der Drehzahlwunsch des Aggregatekoordinators 70 wird als Führungsgröße an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 geleitet.

Das Bordnetz-Management 64 und die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 werden auf die Betriebsart (XSG-Modus) "Drehzahl-Grenzmodus" gesetzt. Änderungen der Drehzahl der elektrischen Maschine 40 sind durch die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte begrenzt, und zwar als erste Priorität durch minimales Soll-Drehmoment MXSG-MIN-MS und ein maximales Soll-Drehmoment MXSG-MAX-MS, und als zweite Priorität durch eine Mindestspannung U-MIN und eine Maximalspannung U-GRENZ.

10 Verfügbarer Momente:

Das Bordnetz-Management 64 meldet der XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 kontinuierlich die Wertepaare 1, 2, 3 und 4 von elektrischen Spannungen und elektrischen Strömen. Die XSG-Steuereinrichtung 58 ermittelt daraus kontinuierlich, und unabhängig von der aktuellen Betriebsart (XSG-Modus), entsprechende statische und dynamische Drehmomentenwerte, welche in den Betriebsarten mit Momentenführung (Boost, Rekuperation, Rekuperation im dynamischen Modus oder Grenzmodus) durch den Aggregatekoordinator 70 nicht überschritten werden dürfen, und welche im Lademodus, bei welchem die Lagespannung die Führungsgröße ist, die Grenzwert einschränken. Die berechneten Drehmomentenwerte berücksichtigen hierbei den aktuellen Betriebspunkt und den Wirkungsgrad der elektrischen Maschine 40 und garantieren eine Einhaltung der vom Bordnetz-Management 64 vorgegebenen Spannungsgrenzwerte und Stromgrenzwerte. Es wird sozusagen eine elektrische und mechanische Leistungsbilanz gebildet.

In Tabelle 2 ist dargestellt, welche verfügbaren Drehmomente die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 aus den Daten des Bordnetz-Managements 64 berechnen kann. Ferner ist angegeben, für welche Betriebsart die Berechnung durchgeführt wird.

Tabelle 2

BORDNETZ-MANAGEMENT		von XSG-Steuerung berechnetes verfügbares	für Betriebsart	Betriebsart-Dauer (Beispiel)
U	I	Moment		
U-MIN	I-MAX	MXSG-MAX	Boost	min 10s
U-MIN	I-MAX	MXSG-DYNMAX	Boost kurzzeitig	< 1s
U-REKUP	I-REKUP	MXSG-MIN	Rekuperation	min 10s
U-GRENZ	I-GRENZ	MXSG-DYNMIN	Grenz (dyn. Rekup)	< 1s

- Der Aggregatekoordinator 70 kann aus den berechneten Momenten für die gewählte Betriebsart (XSG-Modus) ein Vorgabemoment (Soll-Drehmoment MXSG-MAX-MS) bilden, welches sich zwischen einem minimalen Drehmoment MXSG-DYNMIN und einem maximalen Drehmoment MXSG-DYNMAX bewegt, welches der größte Bereich des verfügbaren Drehmoments ist.
- Um bei einem Wechsel von der Standard-Betriebsart (Ladmodus), bei welcher die Ladespannung U-LADE Führungsgröße ist, in eine Momentenbetriebsart, bei welcher ein Drehmoment Führungsgröße ist, und wieder zurück, kontinuierliche Übergänge ohne störende Stöße oder Sprünge zu erzielen, werden von dem Bordnetz-Management 64 kontinuierlich die Ladespannungsgröße U-LADE und die Ladestromgröße I-LADE an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 gesendet. Daraus kann die XSG-Steuereinrichtung 58 das Ladedrehmoment MXSG-LADE für den Batterieladebetrieb bilden. Im Lademodus ist das Wertepaar U-LADE und I-LADE (Ladespannung und Ladestrom) Führungsgröße und gleichzeitig Messwert, während es in allen anderen Modi Berechnungswerte wie beispielsweise das Berechnungs-Wertepaar Rekuperationsspannung U-REKUP und Rekuperationsstrom I-REKUP sind. Daher sind die Werte von MXSG-Sollwert und MXSG-LADE im Lademodus identisch.

Um Drehmomentsprünge zu vermeiden, wird ein Betriebsmoduswechsel immer mittels einer Rampe durchgeführt. Beim Wechsel von der Spannungsführung im Lademodus in eine Momentenführung eines der anderen Modi geschieht die Rampenwirkung direkt

5 durch die Momentenvorgabe. Im umgekehrten Fall geht dies nicht, da beim Wechsel von einer Momentenführung auf die Spannungsführung sofort auf die Spannungsführung umgeschaltet wird. Eine Momentenrampe wird hier mittels der Begrenzungsgrößen minimales Drehmomentsoll MXSG-MIN-MS und maximale

10 Drehmomentsollgröße MXSG-MAX-MS durchgeführt. Um zu signalisieren, dass die neue Soll-Spannung am Ende der Rampe erreicht ist, kann ein Modus-Wechsel-Bit gesendet werden, welches beispielsweise als XSG-CHGMOD bezeichnet wird. Beispielsweise kann der Bit-Wert "1" bedeuten, dass ein Modus-

15 wechsel statt zu finden hat, weil die Führungsgröße außerhalb des Toleranzbandes ist. Der Wert "0" bedeutet dann, dass der aktuelle Wert (Ist-Wert) der Spannung, Drehzahl oder Drehmoment, welches die aktuelle Führungsgröße ist, innerhalb des spezifizierten Toleranzbandes liegt.

20

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Werte, welche bei Motorsteuerung der elektrischen Maschine 40 vom Aggregatekoordinator 70 an die XSG-Steuereinrichtung 58 gesendet werden.

25

Tabelle 3

Eingangsgrößen der Elektromaschinensteuerung, erhalten vom Aggregatekoordinator

5

Name	Bedeutung
XSG-MODE	Betriebsmodus der elektrischen Maschine
MXSG-MAX-MS	Grenzwert maximales Moment der elektr. Maschine
MXSG-MIN-MS	Grenzwert minimales Moment der elektr. Maschine
NXSG-MS	Soll-Drehzahl der elektrischen Maschine
ASS-STOPP	ASS Motorstopp, 1=Stopp, 0=Normalbetrieb

Tabelle 4 zeigt die vom Bordnetz-Management 64 an die XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 gesandten Größen.

10

Tabelle 4

Forderungen des Bordnetz-Managements an die Elektromaschinensteuerung

15

Name	Bedeutung
I-MAX	Maximaler Strom der elektrischen Maschine im motorischen Betrieb
U-MIN	Minimal tolerierbare Spannung der elektrischen Maschine im motorischen Betrieb
I-LADE	Strom, der sich bei Führung U-LADE einstellt
U-LADE	Führungsgröße im Lademodus
I-REKUP	Generatorstrom, der sich bei der Begrenzung durch U-REKUP einstellt
U-REKUP	Maximal tolerierbare Rekuperationsspannung
I-GRENZ	Generatorstrom, der sich bei der Begrenzung durch I-GRENZ einstellt
U-GRENZ	Maximal tolerierbare Grenz-Rekuperationsspannung bei Dynamikfunktion

Tabelle 5 zeigt die Ausgangsgrößen der XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40, welche dem Interface 72 zugeführt werden.

5

Tabelle 5

**Ausgangsgrößen der Elektromaschinen-Steuereinrichtung, welche sie an das Interface liefert**

10

Name	Bedeutung
NXSG	Aktuelle Drehzahl der elektrischen Maschine
MXSG	Aktuelles Drehmoment der elektrischen Maschine
MXSG-LADE	Moment der elektrischen Maschine, das sich im Ladebetrieb einstellt
MXSG-DYNMAX	Maximales positives Moment der elektrischen Maschine (z. B. < 0,5s)
MXSG-DYNMIN	Minimales Moment der elektrischen Maschine, negatives Moment (z. B. < 0,5s) bei U-GRENZ
MXSG-MAX	Maximales positives Moment der elektrischen Maschine (z. B. min 10s)
MXSG-MIN	Minimales Moment der elektrischen Maschine, negatives Moment (z. B. min 10s) bei U-REKUP
XSG-CHGMODE	Bit 1=Anzeige für Moduswechsel, Bit 0=Bei Erreichung der Führungsgröße
IDCXSG	Gleichstrom
UDCXSG	Gleichspannung

Das Bordnetz ist dann komfortabel, wenn Drehzahländerungen und Drehmomentänderungen der elektrischen Maschine 40 sich nicht unangenehm bemerkbar machen, beispielsweise durch

15

Schwankungen der Lichthelligkeit der Fahrzeuginsenbeleuchtung oder Fahrzeugaußenbeleuchtung oder durch Schwankungen von Radioempfang oder im Kraftfahrzeug spürbare Drehmomentstöße der elektrischen Maschine oder des Fahrantriebsstranges. Ferner besteht auch der Wunsch, insbesondere negative Drehmomente

der elektrischen Maschine zur Rekuperation (Fahrzeugbremsungen) optimal ausnützen zu können. Gemäß bevorzugter Ausführungsform ist die elektrische Maschine 40 jedoch auch als Elektromotor zum Starten des Verbrennungsmotors verwendbar.

5 Gemäß weiterer bevorzugter Ausführungsform ist die elektrische Maschine 40 auch als Elektromotor zur Drehmomenteinspeisung in den Fahrantreibsstrang verwendbar. Gemäß weiterer bevorzugter Ausführung der Erfindung ist die elektrische Maschine 40 als Generator bezüglich ihres Drehmomentes so weit

10 variabel, dass das als Generatorbetrieb erforderliche Drehmoment der elektrischen Maschine 40 abgesenkt werden kann, um entsprechend mehr Antriebsdrehmoment vom Verbrennungsmotor im Fahrantreibsstrang zu haben, wenn dies temporär zweckmäßig ist, beispielsweise für einen Boost-Betrieb des Kraftfahrzeugs,

15 beispielsweise zum Anfahren des Kraftfahrzeugs oder beim Überholen von anderen Kraftfahrzeugen oder zur Überwindung von kurzen Fahrbahnsteigungen. Durch die Erfindung wird der Komfort des Bordnetzes erhalten und gleichzeitig die elektrische Maschine 40 bezüglich ihres Drehmoments vollständig für den Fahrantreibsstrang verfügbar gemacht.

20

Die Lösung der Erfindung besteht dabei darin, eine Spannungs-führungsgröße für den Batterie-Ladebetrieb und eine Momenten-Führungsgröße für den Fahrantreibsstrang zu bilden, und

25 gleichzeitig von der jeweils anderen Größe Begrenzungsgrößen zu bilden, so dass die Spannungs-Führungsgröße durch Momenten-Begrenzungsgrößen begrenzt wird, und die Momenten-Führungsgröße durch Spannungs-Begrenzungsgrößen begrenzt wird. Hierbei werden die verfügbaren Momente der elektrischen

30 Maschine 40 vollständig ausgenutzt.

Die Erfindung stellt sicher, dass keine wichtige Forderung unterdrückt wird, weder Forderungen des Bordnetzes und der Batterie noch Forderungen des Fahrantreibsstranges.

35

Die Begrenzungsgrößen sind erforderlich, weil normalerweise die Leistungsangaben von elektrischen Maschinen und von Bat-

terien sehr große Abweichungen (Ungenauigkeiten) von den tatsächlich erreichbaren Werten haben. Durch die automatische Vorausberechnung der verschiedenen Größen zur Bestimmung der Führungsgröße können die elektrische Maschine und die Batterie besser ausgenutzt werden.

Die Begrenzungsgrößen bilden ein Toleranzband und sind so eng gewählt, dass beim Anstoßen an diese ein Momentenstoß im Fahrantriebsstrang nicht überschritten wird, wenn die Führungsgröße die Spannung ist und die Begrenzungsgrößen durch Momentenwerte definiert sind. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass gesetzliche Vorgaben und zulässige Grenzwerte von elektrischen Aggregaten und Einrichtungen nicht überschritten werden, wenn die Führungsgröße ein Drehmoment ist und die Begrenzungswerte durch Spannungswerte definiert sind. Dadurch werden diese Begrenzungswerte gemäß der Erfindung normalerweise niedriger festgelegt als die maximal erzeugbaren Werte von Drehmoment und Spannung.

- Wenn die Führungsgröße ein Drehmoment ist, dann sind die Grenzwerte Spannungswerte, zwischen welchen die Momentenführung (verfügbare Momente) variabel ist. Die Spannungsbegrenzungswerte werden von der Leistungselektronik der XSG-Steuereinrichtung 58 der elektrischen Maschine 40 in Abhängigkeit von den elektrischen Werten Strom und Spannung sowie in Abhängigkeit von dem Wirkungsgrad der elektrischen Maschine über ihrer Drehzahl und gegebenenfalls in Abhängigkeit von anderen Größen berechnet.
- Wenn die Führungsgröße eine Spannung ist, dann sind die Grenzwerte Drehmomentwerte. Das aktuelle Drehmoment MXSG der elektrischen Maschine 40 wird kontinuierlich in die Berechnung des Schleppmoments des Verbrennungsmotors 22 eingerechnet. Im Lademodus ist der messbare Wert gleich dem berechenbaren Wert. Im Normalfall können damit Drehmomentschwankungen der elektrischen Maschine direkt von dem Verbrennungsmotor kompensiert werden. Voraussetzung ist jedoch eine konstante

Drehmomentvorgabe (Vorgabemoment) im Fahrantriebsstrang. Nur bei schnellen Spannungsgradienzen und damit verbundenen schnellen Drehmomentgradienzen, wie sie beim Zuschalten und Abschalten von Hochstromverbrauchern (Kraftfahrzeug-  
5 Klimaanlage, Scheinwerfer und Nebelleuchten usw.) auftreten können, werden die zuvor erwähnten Drehmoment-Begrenzungsgrößen aktiv. Dies resultiert aus der kürzeren Zeitkonstante der elektrischen Maschine gegenüber dem Verbrennungsmotor. Der Generator kann Leistungsanforderungen  
10 schneller angepasst werden als der Verbrennungsmotor.

Es gilt die Gleichung:

Vom Verbrennungsmotor an seiner Kurbelwelle abgebares Moment = Im Verbrennungsmotor erzeugtes Verbrennungsmoment -  
15 Schleppmoment des Verbrennungsmotors + (positives oder negatives) Drehmoment der elektrischen Maschine.

Das vom Verbrennungsmotor an seiner Kurbelwelle abgebare Drehmoment ist auch als Vorgabemoment bezeichbar.

20 Dies bedeutet, dass Änderungen des positiven oder negativen Drehmoments der elektrischen Maschine durch das Verbrennungsmoment des Verbrennungsmotors kompensiert werden müssen, um das Vorgabemoment konstant zu halten.

25 Erst wenn der Verbrennungsmotor einer schnellen Spannungsänderung nicht mehr nachkommt bezüglich der damit zu veränderten Drehmomente im Fahrantriebsstrang, kommen die Begrenzungsgrößen zur Wirkung, entweder die obere oder die untere Begrenzungsgröße.  
30

Die Begrenzungsgrößen werden vorab bestimmt in Abhängigkeit von der Fahrzeugart und dessen Fahrantriebsstrangart. Der Fahrantriebsstrang kann beispielsweise ein manuell schaltbares Getriebe, ein automatisch schaltbare Getriebe oder ein Automatikgetriebe mit Drehmomentwandler sein. Während der Fahrt des Kraftfahrzeugs werden die Begrenzungsgrößen auto-

matisch in Abhängigkeit von der jeweiligen Übersetzung oder Untersetzung des im Fahrantriebsstrang angeordneten Getriebes variiert.

- 5 Der in dieser Beschreibung verwendete Begriff "Laden" bedeutet, dass die Spannungsanforderungen des Bordnetzes 56 und der Batterie 50 durch einen Generatorbetrieb der elektrischen Maschine 40 erfüllt werden. Hierbei findet ein Laden der Batterie nur insoweit statt, wie der Batterie 50 elektrische E-  
10 nergie vom Bordnetz 56 entnommen wird.

Der Begriff "Rekuperation" bedeutet in der vorliegenden Beschreibung, dass vom Fahrantriebsstrang, insbesondere von den Fahrzeugrädern 34, 36 des fahrenden Fahrzeuges, ein negatives  
15 Drehmoment angefordert wird zum Bremsen des fahrenden Kraftfahrzeugs. Dieses negative Drehmoment kann gleich groß oder kleiner sein als das Drehmoment für den Betriebszustand "Laden". "Kleiner" bedeutet hierbei ein in negativer Richtung größeres Drehmoment.

- 20 Der genannte dynamische Modus ist ebenfalls ein Rekuperationsbetrieb, welcher gemäß der Definition in der vorliegenden Beschreibung jedoch auf eine vorbestimmte kurze Zeitdauer begrenzt ist, während der Begriff Rekuperation in dieser Patentanmeldung für einen zeitlich unbegrenzten oder wesentlich längeren Rekuperationsbetrieb als der dynamische Modus verwendet wird.

Der Begriff "Boost" bedeutet die Anforderung eines positiven  
30 Drehmoments von dem Fahrantriebsstrang 22-46, insbesondere vom Antriebsmanagement 76 an die elektrische Maschine 40. Dieses Drehmoment ist gleich groß oder größer als das Lade-Drehmoment der elektrischen Maschine 40 für den genannten La-debetrieb.

- 35 Hieraus ist ersichtlich, dass es zwei Möglichkeiten gibt, einen sogenannten Nullpunkt zu definieren, von welchem aus

nicht mehr der Ladebetrieb existiert, sondern der Boostbetrieb oder der Rekuperationsbetrieb. Die eine Möglichkeit besteht darin, zu definieren, dass ein Boostbetrieb erst dann vorliegt, wenn die elektrische Maschine 40 als Elektromotor  
5 betrieben wird, anstatt als Generator. Dies erfordert jedoch eine besondere elektronische Steuerungseinrichtung zur Steuerung der elektrischen Maschine 40. Dies ist dann nicht der Fall und deshalb wesentlich vorteilhafter, wenn als Nullpunkt der Ladebetrieb angesehen wird, und dieser Ladebetrieb als  
10 eine Betriebssituation definiert wird, bei welcher alle Aggregate des Kraftfahrzeuges, insbesondere das Bordnetz 56 und die Batterie 50 an die elektrische Maschine 40 angeschlossen sind und diese elektrische Maschine 40 als Generator betrieben den für alle angeschlossenen Verbraucher erforderlichen  
15 Strom liefert, wobei die elektrische Maschine 40 vom Verbrennungsmotor 22 des Fahrantriebsstranges angetrieben wird. Dies kann als "normaler Ladebetrieb" bezeichnet werden. Ausgehend von einer solchen Nullpunktdefinition kann definiert werden, dass ein Drehmomentwunsch des Fahrantriebsstranges und des  
20 Antriebsmanagements 76, welcher vom normalen Ladebetrieb positiv abweicht, ein Boosten ist, und ein Drehmomentwunsch, welcher von normalen Ladebetrieb negativ abweicht, eine Rekuperation ist. Da die elektrische Maschine 40 im Ladebetrieb als Generator arbeitet, kann dies bedeuten, dass eine kleine  
25 positive Momentenanforderung des Fahrantriebsstranges durch eine Reduzierung der Generatorleistung erfüllt wird und somit der Boost-Betrieb durch eine geringere Generatorleistung der elektrischen Maschine 40 erzeugt wird, ohne dass die elektrische Maschine 40 als Motor betrieben wird.

30

Die Erfindung ist ausführbar, indem der Lademodus und mindestens einer der Momentenmodi Motormodus, Rekuperationsmodus und/oder dynamischer (Rekuperations-) Modus vorgesehen werden.

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer  
14.01.2003

Patentansprüche

5 1. Einrichtung zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Anlage und des Fahrantriebsstranges eines Kraftfahrzeuges, wobei der Fahrantriebsstrang einen Verbrennungsmotor und ein Getriebe mit variabler Übersetzung und/oder Untersetzung aufweist, wobei die Anlage ein Bordnetz und mindestens eine daran angeschlossene Batterie aufweist,  
10 und wobei mindestens eine elektrische Maschine vorgesehen ist, welche in einem normalen Ladebetrieb als Generator zur Stromversorgung der Batterie und des Bordnetzes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist, wobei die elektrische Maschine als Generator auch in einem Rekuperationsbetrieb  
15 zur Erzeugung eines Bremsmomentes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist und dabei ebenfalls die Batterie und das Bordnetz mit Strom versorgen kann, und wobei die elektrische Maschine vorzugsweise auch als Elektromotor zur Drehmomentabgabe an dem Fahrantriebsstrang betreibbar  
20 ist,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Einrichtung ausgebildet ist, um die mindestens eine elektrische Maschine in unterschiedlichen Betriebszuständen von unterschiedlichen Signalen zu steuern, wo  
25 bei aus Signalen eines Bordmanagements in Abhängigkeit von den jeweils momentanen Anforderungen an elektrischer Energie des Bordnetzes und der Batterie eine Ladespannung (U-LADE) für den normalen Ladebetrieb als Spannungsführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch bereit gestellt wird, dass die Einrichtung ferner  
30

ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von jeweils momentanen Anforderungen an positivem oder negativem Drehmoment des Fahrantreibsstranges die jeweils momentane Drehmomentanforderung (MXSG-MAX-MS) als Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch zur Verfügung zu stellen, wobei Änderungen der Spannungsführungsgröße (U-LADE) nach unten und nach oben durch vorbestimmte Drehmomentgrenzwerte (MXSG-MIN-MS, MXSG-MAX-MS) der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Drehmomenttoleranzband definieren, wobei ferner Änderungen der Drehmomentführungsgröße nach oben und nach unten durch vorbestimmte Spannungsgrenzwerte (U-MIN, U-REKUP; oder U-MIN, U-REKUP; oder U-MIN, U-GRENZ) der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Spannungstoleranzband bilden, dass Mittel für eine automatische zyklische Abfrage der Führungsgrößen vorgesehen ist, dass die elektrische Maschine von der Spannungsführungsgröße (U-LADE) automatisch gesteuert wird, jedoch ein Wechsel auf die Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine erfolgt, soweit die Toleranzbänder eingehalten werden, wenn und solange die Momentenführungsgröße von der elektrischen Maschine ein positives oder negatives Drehmoment fordert, welches von dem vorbestimmten Drehmoment der elektrischen Maschine zur Erzeugung der Ladespannung (U-LADE) abweicht.

2. Einrichtung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Aggregatekoordinator (70) vorgesehen ist, um aus mehreren Drehmomentanforderungen des Fahrantreibsstranges die daraus resultierende Drehmomentführungsgröße zu bilden.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sie ausgebildet ist, um die Momentenführungsgröße auch in Abhängigkeit von Drehmomentanforderungen zu bil-

den, welche zur Drehzahlstabilisierung von einzelnen Fahrzeugrädern automatisch definiert werden.

4. Verfahren zur Steuerung oder Regelung der elektrischen Anlage und des Fahrantriebsstranges eines Kraftfahrzeugs, wobei der Fahrantriebsstrang einen Verbrennungsmotor und ein Getriebe mit variabler Übersetzung und/oder Unterersetzung aufweist, wobei die Anlage ein Bordnetz und mindestens eine daran angeschlossene Batterie aufweist, und wobei mindestens eine elektrische Maschine vorgesehen ist, welche in einem normalen Ladebetrieb als Generator zur Stromversorgung der Batterie und des Bordnetzes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist, wobei die elektrische Maschine als Generator auch in einem Rekuperationsbetrieb zur Erzeugung eines Bremsmomentes vom Fahrantriebsstrang antreibbar ist und dabei ebenfalls die Batterie und das Bordnetz mit Strom versorgen kann, und wobei die elektrische Maschine vorzugsweise auch als Elektromotor zur Drehmomentabgabe an dem Fahrantriebsstrang betreibbar ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ausgebildet ist, um die mindestens eine elektrische Maschine in unterschiedlichen Betriebszuständen von unterschiedlichen Signalen zu steuern, wobei aus Signalen eines Bordmanagements in Abhängigkeit von den jeweils momentanen Anforderungen an elektrischer Energie des Bordnetzes und der Batterie eine Ladespannung ( $U\text{-LADE}$ ) für den normalen Ladebetrieb als Spannungsführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch bereit gestellt wird, dass die Einrichtung ferner ausgebildet ist, um in Abhängigkeit von jeweils momentanen Anforderungen an positivem oder negativem Drehmoment des Fahrantriebsstranges die jeweils momentane Drehmomentanforderung (MXSG-MAX-MS) als Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine automatisch zur Verfügung zu stellen, wobei Änderungen der Spannungsführungsgröße ( $U\text{-LADE}$ ) nach unten und nach oben durch vorbe-

stimmte Drehmomentgrenzwerte (MXSG-MIN-MS, MXSG-MAX-MS) der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Drehmomenttoleranzband definieren, wobei ferner Änderungen der Drehmomentführungsgröße nach oben und nach unten durch vorbestimmte Spannungsgrenzwerte (U-MIN, U-REKUP; oder U-MIN, U-REKUP; oder U-MIN, U-GRENZ) der elektrischen Maschine begrenzt sind, die ein Spannungstoleranzband bilden, dass Mittel für eine automatische zyklische Abfrage der Führungsgrößen vorgesehen ist, dass die elektrische Maschine von der Spannungsführungsgröße (U-LADE) automatisch gesteuert wird, jedoch ein Wechsel auf die Drehmomentführungsgröße zur Steuerung der elektrischen Maschine erfolgt, soweit die Toleranzbänder eingehalten werden, wenn und solange die Momentenführungsgröße von der elektrischen Maschine ein positives oder negatives Drehmoment fordert, welches von dem vorbestimmten Drehmoment der elektrischen Maschine zur Erzeugung der Ladespannung (U-LADE) abweicht.

20 5. Verfahren nach Anspruch 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass ein Aggregatekoordinator (70) vorgesehen ist, um aus mehreren Drehmomentanforderungen des Fahrantriebsstranges die daraus resultierende Drehmomentführungsgröße zu bilden.

25 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Momentenführungsgröße auch in Abhängigkeit von Drehmomentanforderungen gebildet wird, welche zur Drehzahlstabilisierung von einzelnen Fahrzeugrädern automatisch definiert werden.

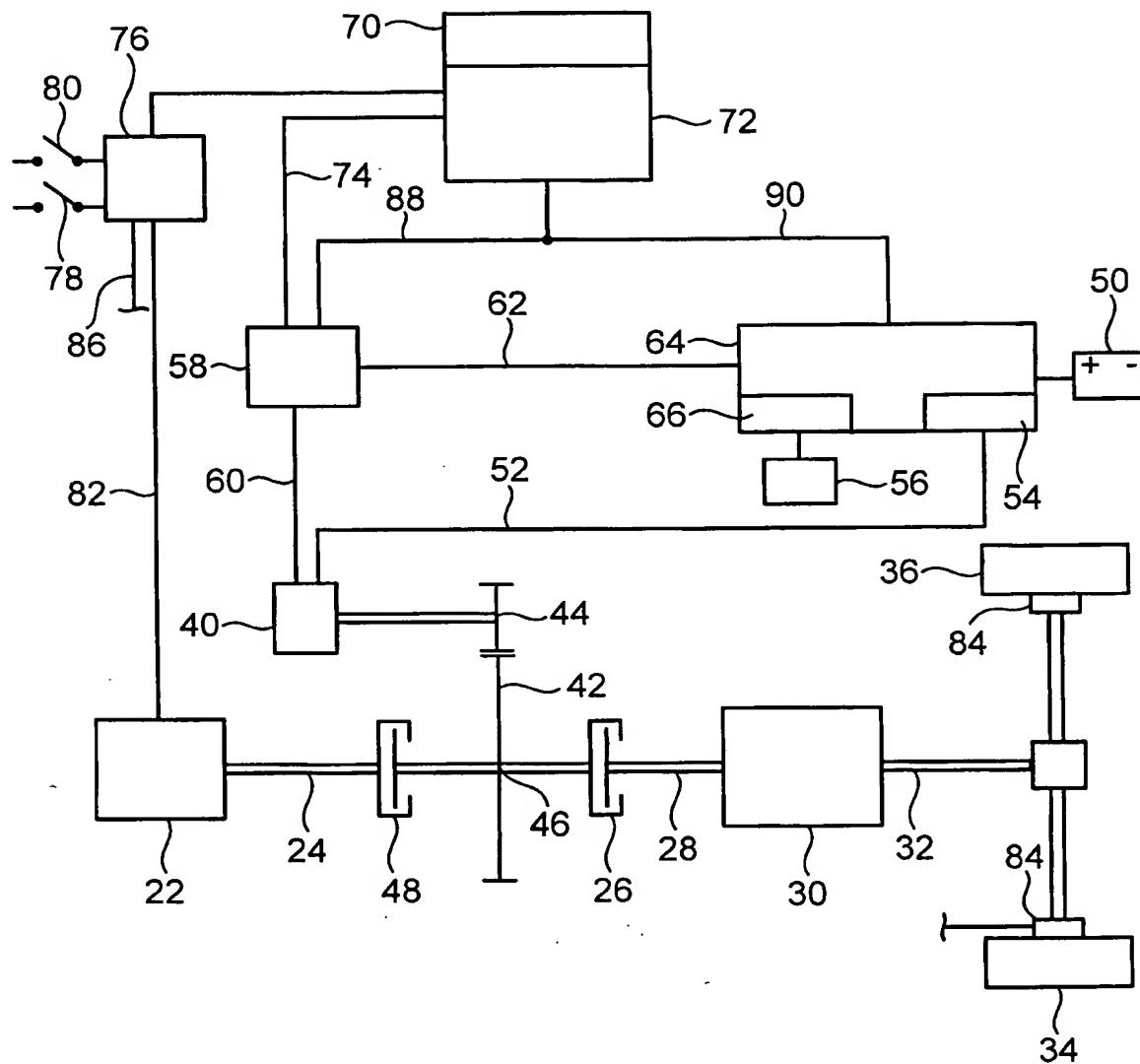


Fig. 1

2/2

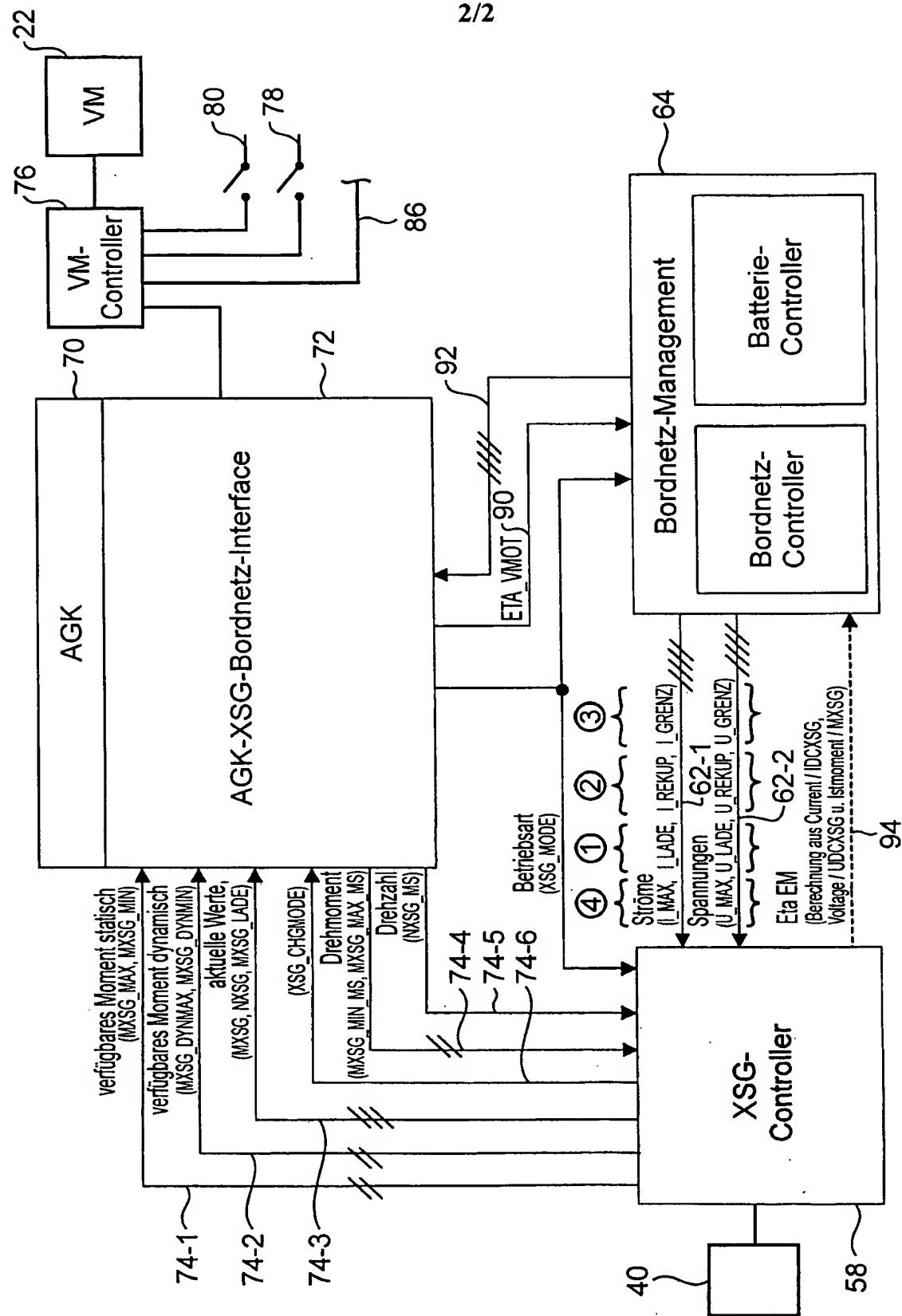


Fig. 2

DaimlerChrysler AG

Dr. Fischer

14.01.2003

Zusammenfassung

- 5 Einrichtung und Verfahren zum Betrieb mindestens einer elektrischen Maschine eines Kraftfahrzeuges. Zur Koordination von Drehmomentanforderungen des Fahrantreibsstranges und Spannungsanforderungen des Bordnetzes und von mindestens einer Batterie des Bordnetzes wird für die Spannungsanforderungen  
10 des Bordnetzes eine Spannungs-Führungsgröße und für die Drehmomentanforderungen des Fahrantreibsstranges eine Drehmoment-Führungsgröße gebildet. Die Spannungs-Führungsgröße wird durch obere und untere Drehmoment-Begrenzungswerte begrenzt, welche bei Änderungen der Spannungs-Führungsgröße nicht überschritten oder unterschritten werden dürfen. Die Drehmoment-Führungsgröße wird durch Spannungs-Begrenzungswerte begrenzt,  
15 welche bei Drehmomentänderungen nicht überschritten und nicht unterschritten werden dürfen.

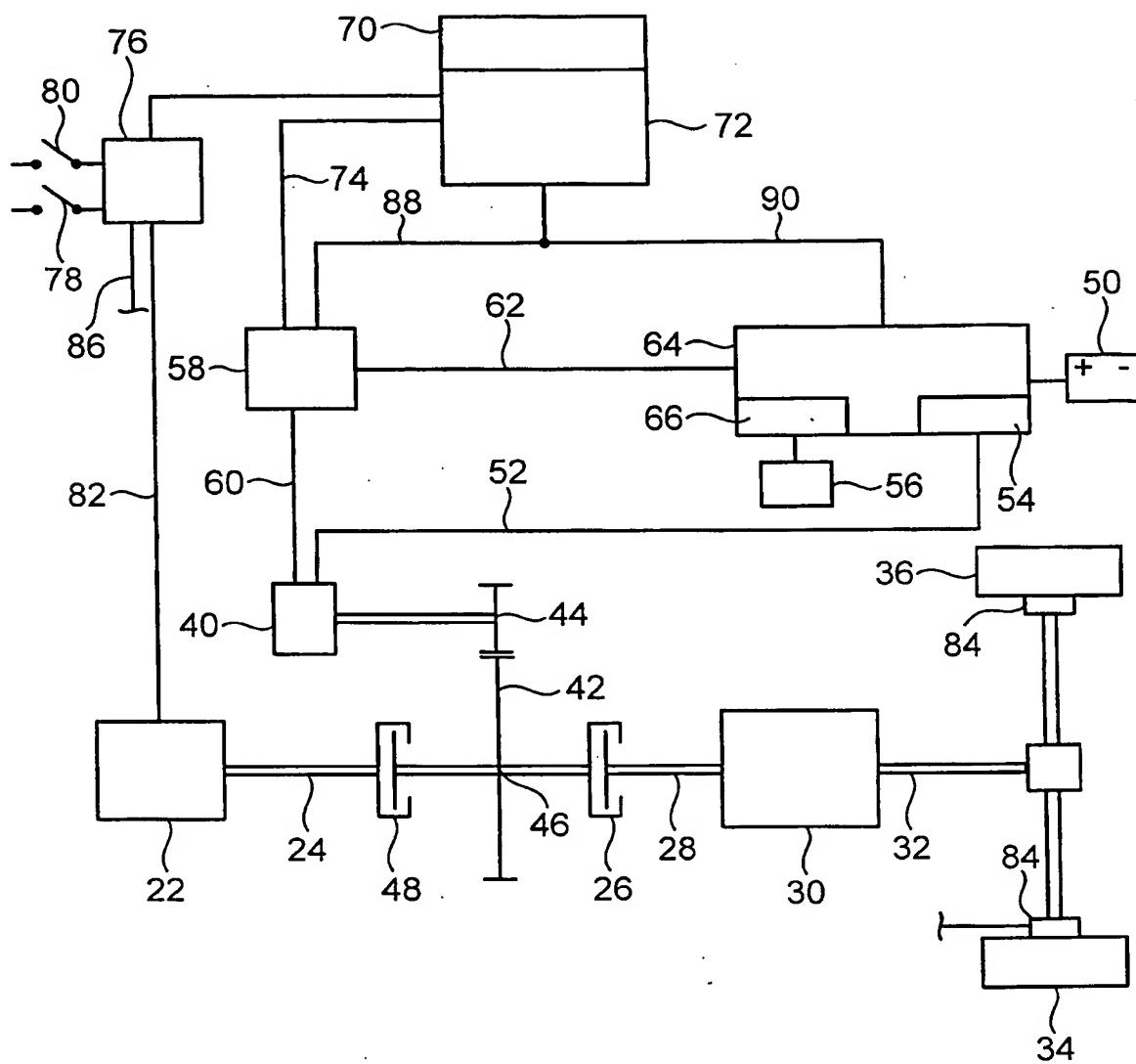


Fig. 1